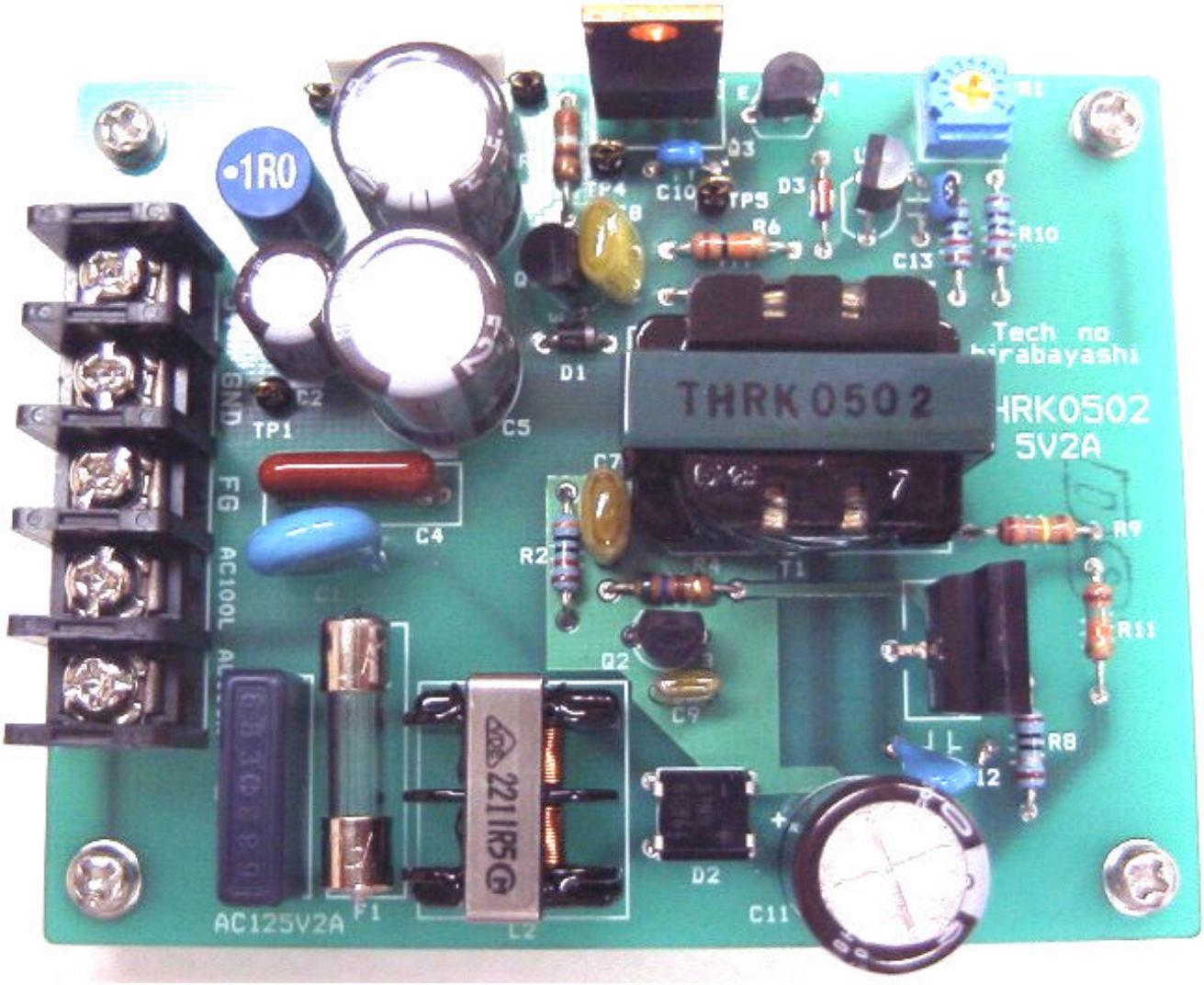
同期整流フライバック方式

直流安定化電源キット

THRK0502

組み立て、取扱説明書

組み立て前に必ずお読みください



安全のためのご注意

本機 THRK0502 は家庭用コンセントなどの商用電源(AC100V)を使用します。この商用電源は高圧であり、感電事故を引き起こす危険性があります。

電源の入った状態で一次側部品に触れないよう十分ご注意ください。

また、組み立て間違いによっては部品の破裂などの事故を起こす危険性があります。

本書をよくお読みいただき、正しい組み立て、取り扱いをしてください。

感電警告
本機の内部には高電圧を使用しています。

破裂注意
組み立てを間違うと部品が破裂する危険性があります。

本書は改良などのために、予告なく仕様や外観を変更することがあります。

当社（有限会社テクの平林）は、本機を使用して発生した金銭上の損害及び遺失利益や第三者からのいかなる請求についても、仮にその損害が発生する可能性が告知されていた場合でも、一切の責任を負いません。

本機は実験、学習用に作られたキットです。本機を製品に組み込んで使用されることは避けてください。

本機は RoHS 基準に適合していません。

目次

	ページ
１：本機の特徴	１
２：仕様	２
３：組み立てを始める前に	３
あると便利な道具	３
４：組み立て前の注意事項	４
５：部品表	５
６：部品の前加工	７
７：組み立て進行表	８
８：回路の検査	１１
９：動作確認	１２
１０：使用上の注意	１３
１１：二次側の波形測定	１４
１２：一次側の波形測定	１６
１３：効率の測定	１８
トランスの損失改善	１９
１４：全体回路図	２０

１：本機の特徴

本機はフライバック方式と同期整流を組み合わせた高効率のスイッチング電源です。

同期整流とは二次側の整流ダイオードの代わりに FET を使用したもので、ダイオードに比べて損失が少ないという特徴があります。ただし、今までの回路では FET を駆動するために余分な巻き線が必要だったり、カレントトランスなど特殊な部品が必要でした。

本機では発想の転換により、従来回路からほとんど追加部品がなく（逆に不要になった部品もあります）シンプルでローコストな同期整流回路が出来上がりました。

同梱された部品を組み立てるだけで、だれでも 80%以上の効率を実現できます。（現時点で電源メーカーが発表している AC100V 入力、5V2A 出力のスイッチング電源の効率は 70～78%です。）

また、損失が少ないということは発熱も少ないわけで、本機ではヒートシンク無しで最大 20℃しか温度上昇しません。周囲温度 70℃の状況で 100%定格運転ができます。

同梱されている部品以外に、みなさんで FET を変えてみたり、部品定数を変えてみたりすれば、さらに効率がアップするかもしれません。ただし、80%を越えると、ほんの 1%のアップでも非常に苦労します。また、正確な測定器も必要になります。

実験の際には商用電源から絶縁された、電流制限のかけれる実験用電源を別途用意されることをお勧めします。また、くれぐれも感電や部品破裂、火災にはご注意ください。

２：仕様

同梱の部品で正しく組み立てられた本機の仕様は以下の通りです。(参考値)

入力

定格入力電圧	AC100V
電源変動範囲	AC85～115V
周波数	40～500Hz
効率	80%以上（定格入力、定格出力）

出力

定格出力電圧	5V
定格出力電流	2A
入力変動	0.7%
負荷変動	3%
リップル電圧	100mV

保護機能

入力過電流	ヒューズ(2A)
出力過電流	自動復帰

環境条件

周囲温度	0～+70℃（ディレーティング必要なし）
保存温度	－20～＋85℃
湿度	85%RHmax（結露のないこと）

絶縁耐圧

入力－出力	AC1000V　１分間

絶縁抵抗

入力－出力	50MΩ以上

外形寸法	横 90,縦 70,高さ 40(付属のスペーサーを付けた状態)
その他	日本国内専用

３：組み立てを始める前に

本機を組み立てるのに、以下の道具が必要です。

はんだごて	30W 程度の電子部品組立用
ヤニ入りハンダ	直径 0.6mm ぐらいが使いやすいです。
ニッパー	電子部品用
ラジオペンチ	電子部品用
テスター	アナログテスターが便利です。
プラスドライバ	M3 用
小型マイナスドライバ	電圧の調整に使います。

あると便利な道具

ハンダ吸い取り線	もしくはハンダ吸い取り機。間違えた時にハンダを除去します。
オシロスコープ	入力耐圧が 400V 以上。波形を測定するときに使用します。
実験用直流電源装置	商用 100V と絶縁されて、出力電圧が 100V～160V。電流制限がかけられると安全です。
電子負荷装置	もしくは電力型巻線可変抵抗器 0～30Ω くらい。電力は 40W 以上。
直流電流計、電圧計	なるべく正確なものが必要です。
交流電力測定器	正確な効率を測るときに使用します。
ビニール絶縁電線	直径 1.5mm くらい。機器間の接続に使用します。
ＡＣコード	商用電源(AC100V)で使用する時必要です。

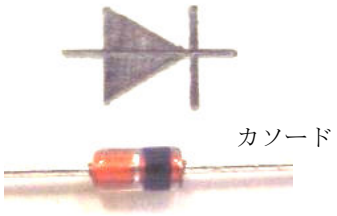
４：組み立て前の注意事項

部品表とキット内の部品を照らし合わせ、不足しているものや不良品、または部品表と違うものが入っていないか確認してください。

部品の中には＋，－など極性を持っているものがあります。間違えて組み立てると、破裂することがあります。

電解コンデンサはリード線の長いほうが＋。ボディのマイナス側には帯があります。

ダイオードは帯のあるほうがカソードです。



ブリッジダイオードには＋－の印刷があります。

トランジスタや FET、IC(U1)は基板上のシルク印刷に合わせて取り付けてください。

部品の取り付けには順番があります。必ず順番通りに取り付けてください。順番を無視すると、取り付けにくい部品が出てきます。

また、ハンダ付けは一度にいくつもの部品をまとめてハンダ付けしないで、ひとつ、もしくはある程度の数でハンダ付けを行い、進行表にもチェックを入れてください。

部品のリード線が入りにくい場合でも無理に広げたりせず、すこしずつ指定された位置に合わせてください。それでも入らない場合は部品の間違いかもしれませんので、確認してください。

ハンダ付けが済んだら半田面（シルクの無い側）で 2mm 位にリードをカットしてください。リードが長いままですと、ショートする危険があります。

５：部品表

部品表の通りに部品が過不足なく揃っているか確認してください。

FET は静電気により破壊される可能性がありますので、取り扱いに注意してください。ヒューズが割れていないか確認してください。

確認が済んだら✔の欄にチェックマークを付けてください。

No.	✔	部品番号	数量	名称	仕様	表示
1			1	基板	THRK0502	
2		U1	1	シャントレギュレータ	TL431CLP	TL431C
3		Q1	1	トランジスタ	2SA1015-Y	A1015
4		Q2,Q4	2	トランジスタ	2SC1815-Y	C1815
5		Q5	1	ＦＥＴ	IRFI840GLCPBF	IRFI840GLC
6		Q3	1	ＦＥＴ	IRL8113PBF	IRL8113
7		D3	1	ダイオード	1S2076A	赤に黒帯
8		D1	1	ショットキダイオード	D1NS4	黒に白帯
9		D2	1	ダイオードブリッジ	S1NB60	S1NB60
10		L1	1	コイル	TSL0709S-1R0M5R0	1R0
11		T1	1	トランス	THRK0502	THRK0502
12		L2	1	ノイズフィルター	PLH10AS2211R5P2B	2211R5
13		C13	1	セラミックコンデンサ	RPE2C1H470J2K1Z01B	47J
14		C12	1	セラミックコンデンサ	DEHR33A471KA2B	471K
15		C1	1	セラミックコンデンサ	DE2E3KH332MA3B	KH332M
16		C10	1	セラミックコンデンサ	RPER11H104K2K1A01B	104K
17		C9	1	フィルムコンデンサ	QYX1H102JTP	102J
18		C8,C7	2	フィルムコンデンサ	QYX1H473JTP	473J
19		C3	1	フィルムコンデンサ	LE683	LE683
20		C4	1	フィルムコンデンサ	QXK2J103KTPTZH	.01K630
21		C11	1	電解コンデンサ	UPW2D470MHD	47uF200V
22		C2	1	電解コンデンサ	UPW1A471MPD	470uF10V

23		C6,C5	2	電解コンデンサ	UPW1A222MHD	2200uF10V
24		VR1	1	半固定 VR	GF063P102	102
25		R3	1	抵抗	RD25S 390ohmJ	橙白茶金
26		R4	1	抵抗	RD25S 560ohmJ	緑青茶金
27		R5,R6	2	抵抗	RD25S 10KohmJ	茶黒橙金
28		R11	1	抵抗	RD25S 15KohmJ	茶緑橙金
29		R9	1	抵抗	RD25S 180KohmJ	茶灰黄金
30		R8	1	金属皮膜抵抗	SN14K2E 1ohmF	茶黒黒銀茶
31		R7,R10	2	金属皮膜抵抗	SN14K2E 10KohmF	茶黒黒赤茶
32		R2	1	金属皮膜抵抗	SN14K2E 30KohmF	橙黒黒赤茶
33		R1	1	セメント抵抗	BPR26CF10LJ	0.01ΩJ
34		TP1,TP2 TP3,TP4 TP5	5	テストピン	LC-2-G（黒）	
35		F1	1	ヒューズ	FGLMA-F 125V 2A	
36		TB1	1	端子台	BP101S-5	
37			4	スペーサー	ASB-310E	10mm
38			4	ネジ	ステン+ナベ M3x4	

６：部品の前加工

ダイオードと抵抗(R1 は除く)は、あらかじめ端子を曲げておきます。根元から無理に曲げずにリード線の中ほどを持って曲げてください。

根元から曲げない

次に FET の足をフォーミングしますが、

その前に体の静電気を放電してください。

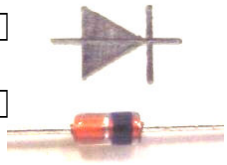
Q5（IRFI840、絶縁パッケージ）の真ん中のリードを 5mm ほど前方に曲げます。ラジオペンチを使って写真のように曲げます。根元から無理に曲げないでください。

７：組み立て進行表

取り付け終わったら□にチェックをしてから次に進んでください。

抵抗、セラミックコンデンサ、フィルムコンデンサには極性はありません。

順番	部品番号	名称、仕様	表示、極性	チェック
1	D3	ダイオード 1S2076A	帯のない側を▸	□
2	D1	ダイオード D1NS4	帯のない側を▸	□



ハンダ付け

3	R2	金属皮膜抵抗 30KΩ	橙黒黒赤茶	□
4	R4	抵抗 560Ω	緑青茶金	□
5	R9	抵抗 180KΩ	茶灰黄金	□
6	R11	抵抗 15KΩ	茶緑橙金	□
7	R8	金属皮膜抵抗 1Ω	茶黒黒銀茶	□

R8 は波形測定を行わなければ付ける必要はありません。

ただし、ハンダ面のパッドをショートする必要があります。

１８ページ参照

ハンダ付け

8	R3	抵抗 390Ω	橙白茶金	□
9	R5, R6	抵抗 10KΩ	茶黒橙金	□
10	R7, R10	金属皮膜抵抗 10KΩ	茶黒黒赤茶	□

ハンダ付け

11	D2	ダイオードブリッジ	＋－に注意	□
		S1NB60	シルクに合わせる	

ハンダ付け

12	C10	セラミックコンデンサ 0.1u	104K	□
13	C13	セラミックコンデンサ 47p	47J	□

ハンダ付け

14	TP1, TP2, TP3	テストピン LC-2-G	□
	TP4, TP5	波形測定を行わなければ付ける必要はありません。	

１８ページ参照

ハンダ付け

15	C9	フィルムコンデンサ 1000p	102J	□
16	C12	セラミックコンデンサ 470p	471K	□
17	VR1	半固定 VR 1K	102	□

ハンダ付け

18	Q1	トランジスタ 2SA1015	A1015	□

シルク図にあわせる

19	Q2,Q4	トランジスタ 2SC1815	C1815	□

シルク図にあわせる

20	U1	シャントレギュレータ TL431	TL431C	□

シルク図にあわせる

ハンダ付け

21	L1	コイル 1uH	1R0	極性なし	□
22	C4	フィルムコンデンサ 0.01u	.01K630		□
23	C7,C8	フィルムコンデンサ 0.047u	473J		□

ハンダ付け

24	F1	ヒューズ 2A		□
25	C3	フィルムコンデンサ 0.068u	LE683	□

ハンダ付け

26	C1	セラミックコンデンサ 3300p	KH332M	□
27	C2	電解コンデンサ 470u	470uF10V	□

シルクと帯を合わせる

ハンダ付け

28	L2	ノイズフィルター	2211R5 極性なし	□

ハンダ付け

29	R1	セメント抵抗 10mΩ	0.01ΩJ	□

波形測定を行わなければ付ける必要はありません。

ただし、ハンダ面のパッドをショートする必要があります。

１８ページ参照

ハンダ付け

30　　TB1　　端子台　　シルクにあわせる　□

ハンダ付け

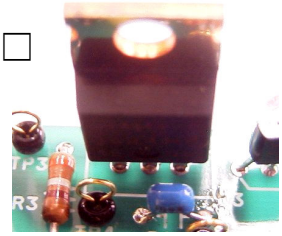
FET を取り扱う前に体の静電気を放電してください。

31　　Q5　　一次 FET IRFI840　　IRFI840GLC　　□

絶縁パッケージです。

真ん中の足が前

32　　Q3　　二次 FET IRL8113　　IRL8113　　□



ヒートシンクが外側

ハンダ付け

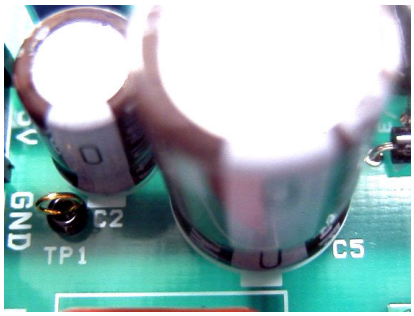
33　　T1　　トランス　　THRK0502　　□

向きが違うと入りません。

ハンダ付け

34　　C5,C6　　電解コンデンサ 2200u　　2200uF10V　　□

シルクと帯を合わせる



ハンダ付け

35　　C11　　電解コンデンサ 47u　　47uF200V　　□

シルクと帯を合わせる

以上で終わりです。2mm 位でリードをカットしましたか？部品を間違えていませんか？極性は合っていますか？もう一度確認してください。もし間違いが見つかったらハンダ吸い取り線などでハンダを取り、リード線が簡単に抜けることを確認してから部品を抜いてください。ハンダを溶かしながら部品を引っ張って抜いてはいけません。

１０

８：回路の検査

一次側の検査をします。アナログテスターを用意してください。

抵抗レンジの×１にセットします。

端子台 TB1 の AC100L と AC100N の間の抵抗値を測定します。わずかに針が振れて（もしくはまったく振れずに）元に戻るはずです。次にテスター棒を入れ替えて測定してみてください。同じような針の動きをするはずです。もしここで導通があれば AC100L,N からブリッジダイオード D2 までを調べてください。ハンダ等でショートしていませんか？D2 の向きは合っていますか？

次に C11 のハンダ面端子にテスター棒をあてます。極性はプラスに赤、マイナスに黒（テスターによっては逆の場合もあります)。大体数 10～数 100Ω になっていればＯＫです。次にテスター棒を入れ替えてください。わずかに針が振れて、大きな抵抗値を示していればＯＫです。

導通状態の場合はハンダなどによるショートが考えられます。また、まったく針が振れない場合はハンダ不良が考えられます。

二次側の検査をします。端子台 TB1 の 5V にプラス。GND にマイナスのテスター棒をあてます。このとき 10Ω前後を示していればＯＫです。

次にテスター棒を入れ替えます。一度大きく振れてから戻り、どこかで落ち着けばＯＫです。抵抗値が 0 であったり、無限大に近いときは、どこかでショートやハンダ不良があるはずです。

次に一次、二次とフレームグランドの検査をします。

テスターの抵抗レンジは最大にしてください。端子台 TB1 の FG にテスター棒をあてます。極性はどちらでもかまいません。もう一方のテスター棒で +5V,GND,AC100L,AC100N を順番にあてて行きます。針が無限大を指せばＯＫです。少しでも針が振れる（まま戻らない）場合はハンダのショートや汚れがあります。

スペーサーの取り付け

電源を入れる前に、四隅にスペーサーを付けて、基板を浮かせてください。

９：動作確認

ここから先の作業はキットに 100V 以上の電圧がかかり、感電の恐れがあります。指定場所以外には絶対に手や工具を触れないよう注意してください。また、基板の下に導電物が入り、事故が起こる可能性もあります。机の上を整理してから実験してください。

感電注意

VR1 をほぼ中央に回してください。

実験用直流電源装置の電圧を 140V に設定し、電流制限を 1A にしてください。

そして、プラス出力をキットの AC100L、マイナス出力を AC100N に接続してください。

実験用電源装置が無い場合は AC100V ケーブルを AC100L,AC100N に配線し、しっかりネジ止めしてください。

テスターを+5V が測定できる電圧レンジにして端子台の+5V,GND につなぎます。

そして 100V を通電します。テスターの針が約 5V を示せばＯＫです。

異常な電圧を示したときは、すぐに通電を中止して、１分以上待ってから部品の間違いなどを再確認してください。

ヒューズが切れてしまった場合は、問題点を見つけたあと、必ず 2A のヒューズに交換してから再通電してください。

問題なく約 5V が出ているときは、VR1 を調整して出力電圧を 5.1V 位にしてください。

一度電源を切って、負荷を接続してください。

電子負荷装置または巻線抵抗で 2.5Ω に設定して、+5V と GND に接続してください。100V を通電し、直流電流計で約 2A 流れていることを確認してください。また、この時の出力電圧が無負荷の時から 0.15V 以内の電圧降下であればＯＫです。電圧が極端に下がったときは部品の取り付け間違いがあります。

１０：使用上の注意

以下の注意事項を守って正しくお使いください。

（１）ヒューズが切れたときは本機内部の故障です。必ず原因を解決してからヒューズを交換した後、再使用してください。

（２）本機には絶対に水分や液体をかけないでください。また、結露状態での使用も避けてください。

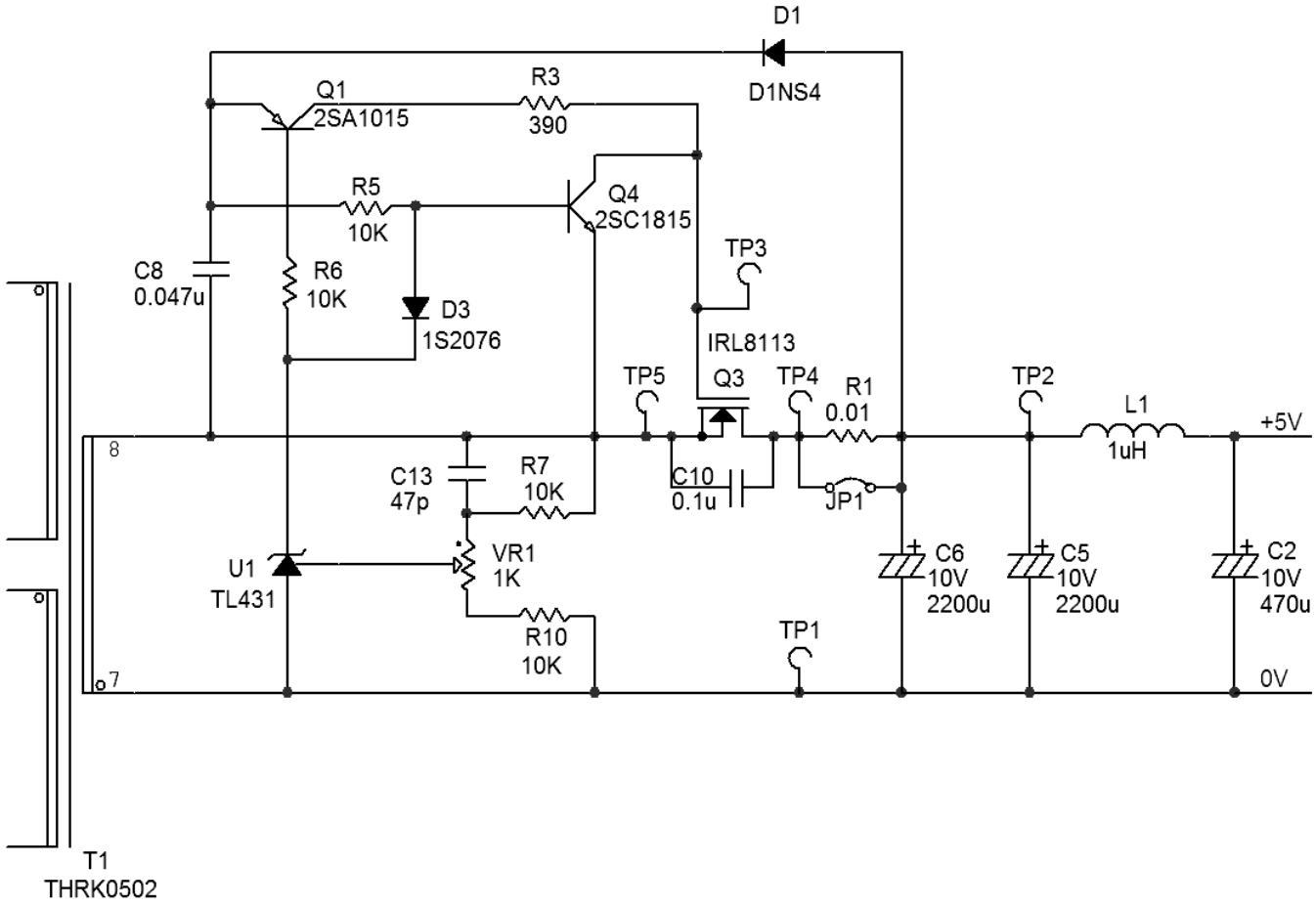
（３）実験、調整以外の使用ではケースに入れるなどして、感電事故を防いでください。

（４）長時間使用しないときは全ての接続をはずし、電源のかからない状態にして保存してください。

（５）出力を短絡したり、定格負荷以上では使用しないでください。

（６）電源プラグをコンセントからはずした後も、数分間は内部に高電圧が残ることがあります。電源コードが外れていても感電の危険性があります。

１１：二次側の波形測定

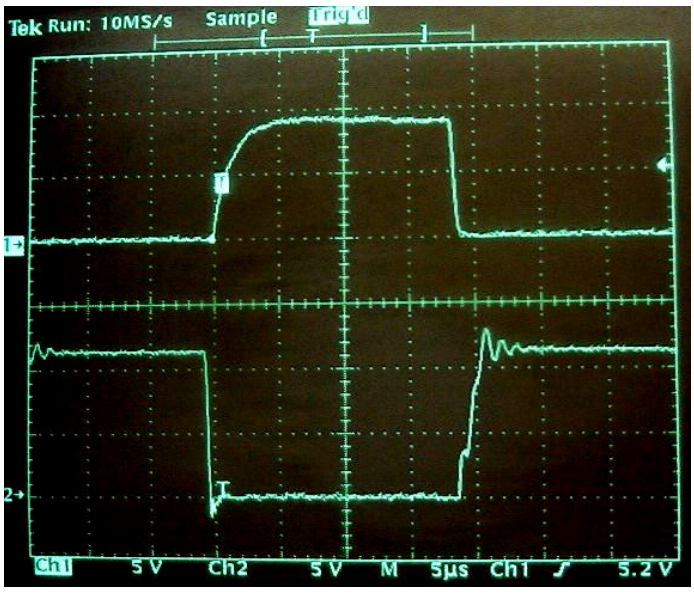


オシロスコープがある場合は下記の測定をしてみてください。

グランドクリップを TP5 に接続してください。

プローブを TP3 に接続してください。ゲート駆動波形が見えます。もう１チャンネルあれば TP4 に接続してください。ドレイン波形が見えます。R3 の値を変えることでゲート波形の立ち上がりが変化します。ただし、必要以上に早くＯＮさせても損失は改善しません。

C8 の値を変えることでゲート駆動電圧が変化します。FET のＯＮ抵抗を下げるには、ある程度の電圧が必要で、現在は約 10V に設定してあります。



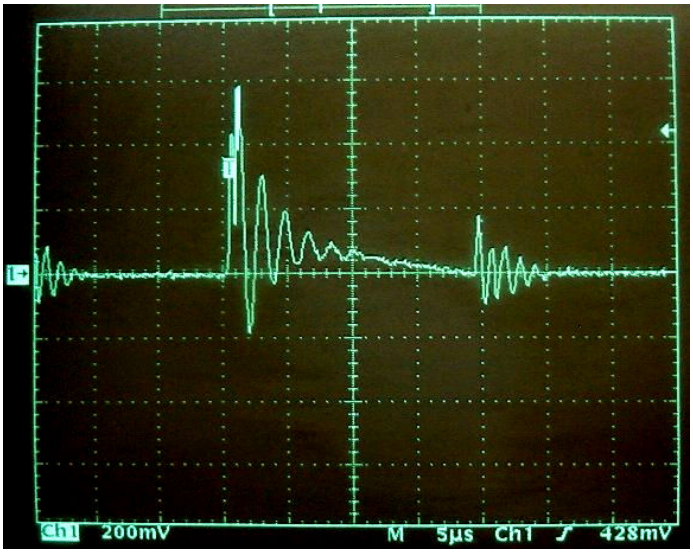
←ゲート、ソース間電圧

←ドレイン、ソース間電圧

次に FET に流れる電流を見てみます。

グランドクリップを TP2 に接続してください。

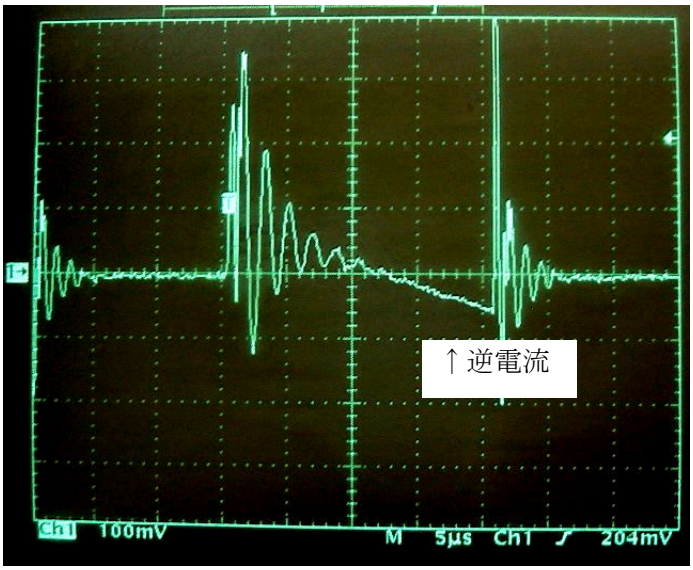
プローブを TP4 に接続してください。FET のソースからドレインへの電流波形が見えます。



波形は振動を伴っていますが、トランスの一次～二次間の結合が良くなれば、この振動は減る傾向にあるはずです。

今回のトランスではピンの関係でサンドイッチ巻[注1]ができなかったので、結合は悪いです。この振動による誤動作を防ぐため、C13 があります。また、過負荷で出力電圧が下がり始めた時も、C13 によりある程度は同期整流をします。

次に負荷の抵抗をはずして無負荷状態にしてください。



電流が逆に流れているのが見えます。

一次側からトランスを経て二次側に送られたエネルギーは殆ど使われずに一時側に戻っています。

戻す量は U1（シャントレギュレータ）によって正確にコントロールされます。

このため、出力電圧は定電圧制御されるわけです。

注１：サンドイッチ巻
一次巻線の間に二次巻線をはさんで結合を良くする巻き方

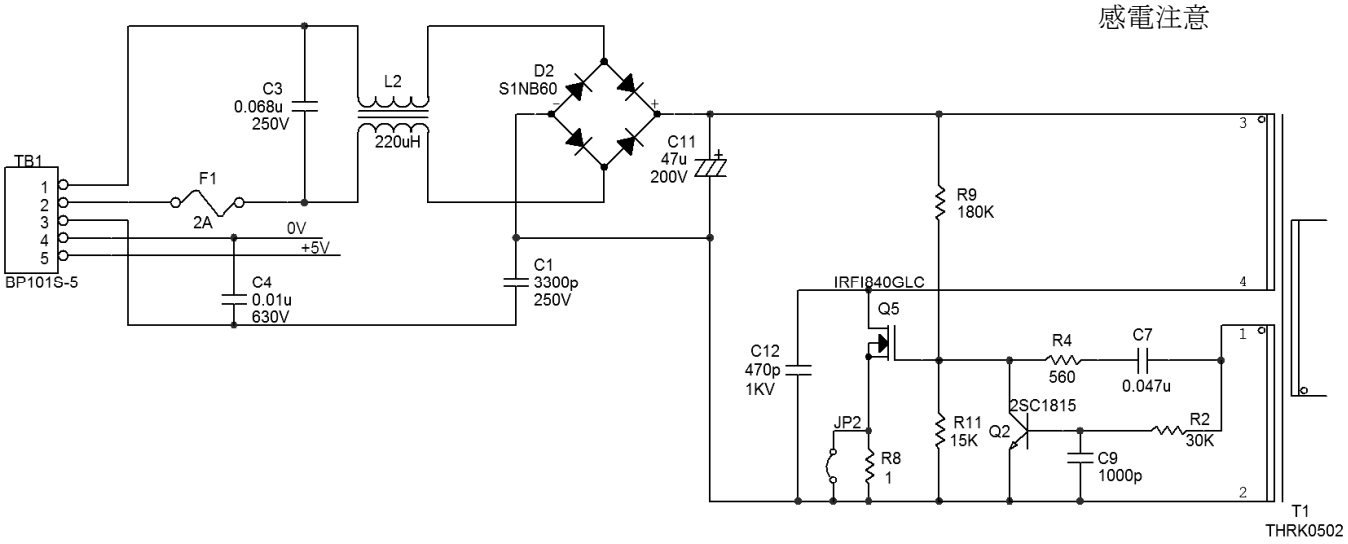
１２：一次側の波形測定

コンセントの AC100V から絶縁された直流電源装置あるいは絶縁トランスが無い場合は以下の測定は行わないでください。1/2 の確率でブレーカーが飛びます。

また、一次側の測定には感電の危険が伴いますので、あえてテストピンも付けてありません。

感電の危険を回避できる経験者のみ測定してください。

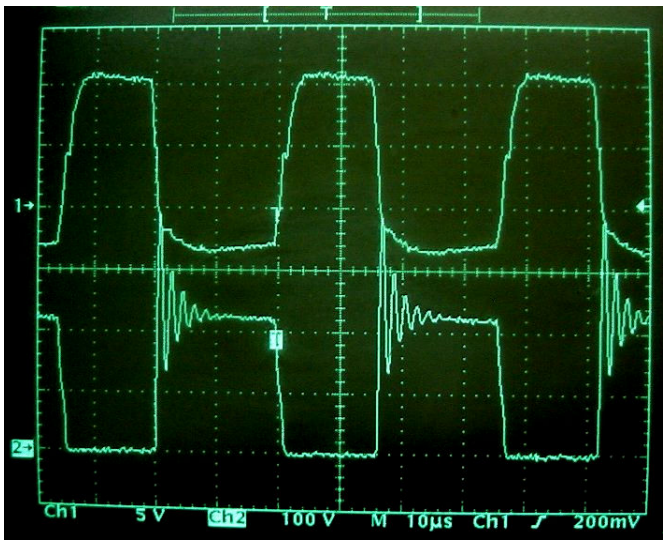
感電注意



出力に定格負荷をつないでください。

プローブのグランドクリップを Q5 のソースへ、プローブをゲートに接続します。

もう１チャンネルあればドレインに接続します。



←ゲート、ソース間電圧

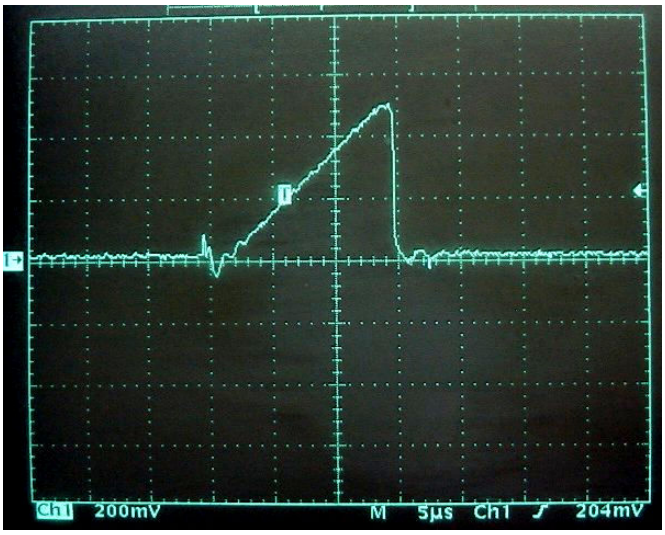
←ドレイン、ソース間電圧

R2 と C9 による時定数で Q5 のオン時間が管理されます。これにより電源の最大出力が決定されます。

次に FET(Q5)に流れる電流をみてみます。

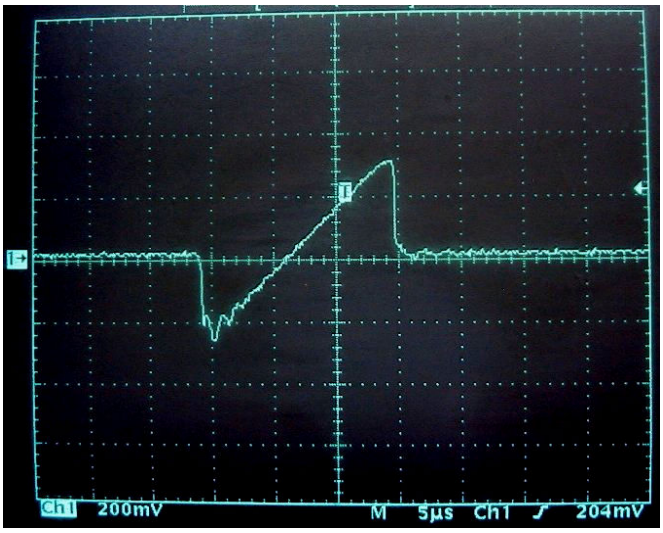
グランドクリップを R8 の下側。プローブを R8 の上側につないでください。

トランスを通って FET から流れ出た電流が１Ωの抵抗の両端に現れます。



ピーク電圧が 0.5V ですから 0.5A 流れています。

次に負荷を無負荷にしてください。



一度マイナスに流れてから電流が立ち上がっています。

これは二次側からトランスに返されたエネルギーが C11 に充電(回生)されたことを示します。ピーク電流も約 0.3A ですから定格負荷の 60%で稼動していることになります。

この一連の動きで、負荷にあわせたエネルギーのやり取りをしていますから、軽負荷でも（それほど）効率は悪くなりません。

１３：効率の測定

ハンダ面ショートパッド

R8,R1 のハンダ面にはショートパッドが用意してあります。効率測定の際にはここに盛りハンダをしてください。また、波形測定を行わない時も、ここをショートすれば部品面の抵抗 R8,R1 は不要です。

交流電力測定器を用意してください。もしくは交流電圧計と交流電流計（実効値の測れるもの）が必要です。

出力側には直流電圧計と直流電流計が必要です。いずれの計器もなるべく正確なものが必要です。

出力に定格負荷（2.5Ω）をつなげて、電源を入れてください。30 分ぐらいエージングした方が良いでしょう。

（出力電圧 x 出力電流）÷（入力電圧 x 入力電流）が効率です。80%を越えましたか？

表面温度計があれば、ショートに注意しながら各素子の温度を測ってみてください。正しく作られていれば、一次側 FET が約 10℃。二次側 FET が約 20℃。トランスが約 20℃の温度上昇のはずです。これより大幅に発熱している場合、FET のゲート抵抗 R3,R4 が間違えている可能性があります。もしくは R2 を間違えて過大出力になっている可能性もあります。

二次側 FET には改善の余地があります。さらにＯＮ抵抗の低い、かつ、ゲートチャージ容量の少ないものを選べば、効率は 83%を越えることも不可能ではありません。

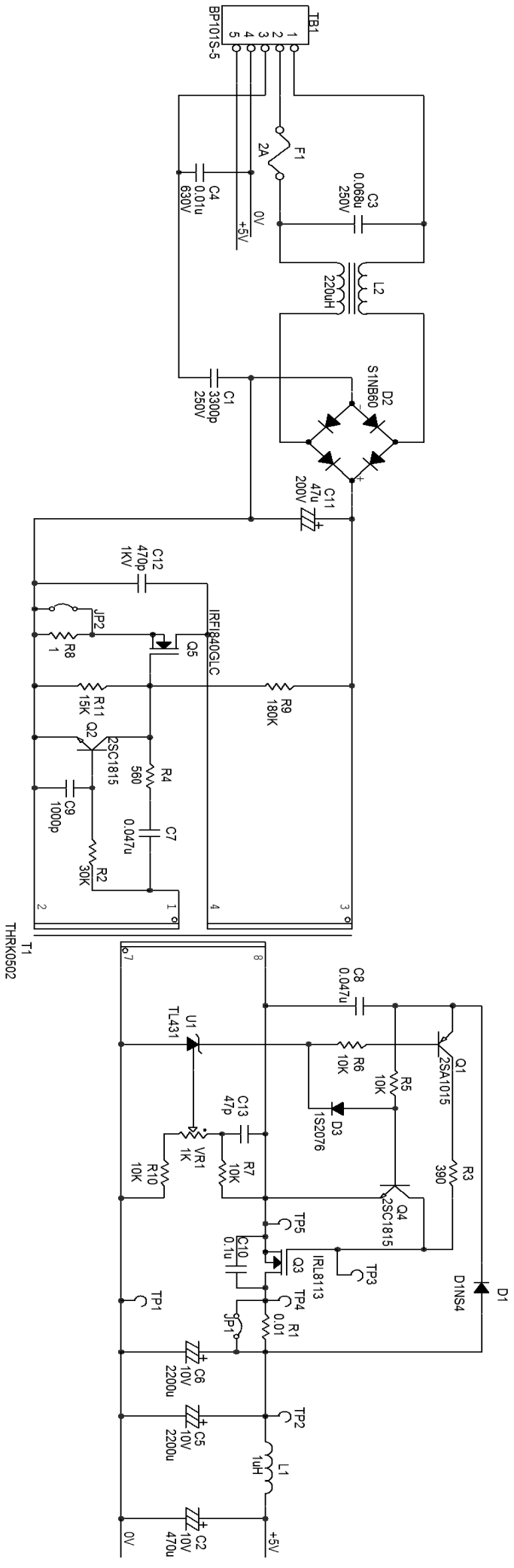
トランスの損失改善

フライバック方式ではトランスの利用効率が低いため、損失が低くなりません。トランスの損失として、巻線抵抗による銅損。コアのヒステリシスや渦電流による鉄損があります。発振周波数を高くすれば、巻線を減らせますので銅損は減りますが、鉄損は増えます。実験の結果、今回の回路では鉄損が支配的のようなので、発振周波数を 30KHz にしてあります。トランスを巻き直すパワーのある人は、発振周波数を変えてみて、効率がどう変化するか実験してみてください。

今回のトランスのデータは下記のとおりです。

コア	PC40EI25-Z(TDK)
ボビン	BE25-118CPFR(TDK)
一次巻線	2-3　φ0.26　119 ターン
二次巻線	7-8　φ0.8x２パラ　6 ターン
ベース巻線	1-2　φ0.2　8 ターン
ギャップ	0.125mm スペーサー
バリアテープ	下 2.5mm　　上 1.25mm
層間テープ	AC2000V 耐圧

１４：全体回路図


TB1
BP101S-5
F1
2A
C4
0.01u
630V
C3
0.068u
250V
0V
+5V
L2
220uH
C1
3300p
250V
D2
S1NB60
C11
47u
200V
C12
470p
1KV
JP2
R8
1
Q5
IRFI840GLC
R11
15K
R9
180K
Q2
2SC1815
R4
560
C9
1000p
C7
0.047u
R2
30K
T1
THRK0502
C8
0.047u
U1
TL431
R6
10K
R5
10K
Q1
2SA1015
C13
47p
D3
1S2076
VR1
1K
R10
10K
R7
10K
R3
390
Q4
2SC1815
TP5
C10
0.1u
Q3
IRL8113
TP3
D1
D1NS4
TP1
TP4
R1
0.01
JP1
C6
10V
2200u
TP2
C5
10V
2200u
L1
1uH
C2
10V
470u
0V
+5V

問い合わせ先

有限会社テクの平林

〒492－8261 愛知県稲沢市重本２－１

℡ 0587－23－9912 FAX 0587－24－4197

http://www.techno-h.co.jp

Rev. 1.2 2007/9